چغندرقند/ جلد ۳۶/ شماره ۲/ ۱۳۹۹

مطالعه تأثیر محلول‌پاشی متانول و اسیدآمینه گلایسین بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک در ارقام مختلف چغندر علوفه‌ای

The effect of methanol and glycine amino acid foliar application on yield and some physiological traits of different fodder beet cultivars

پژمان حقیقی[۱]، داود حبیبی[۲*]، حمید مظفری[۳]، بهزاد ثانی[۳] و مهدی صادقی شعاع[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۰۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۰۶

نوع مقاله: پژوهشی

DOI: 10.22092/jsb.2021.352370.1257

پ. حقیقی، د. حبیبی، ح. منظفری، ب. ثانی و م. صادقی شعاع. ۱۳۹۹. مطالعه تأثیر محلول‌پاشی متانول و اسیدآمینه گلایسین بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک در ارقام مختلف چغندر علوفه‌ای. **چغندرقند، ۳۶(۲): ۱۸۵- ۲۰۱.**

چکیده

به‌منظور بررسی صفات مورفولوژیک، کیفیت و کمیت ارقام (ژنوتیپ‌های) مختلف چغندر علوفه‌ای تحت محلول‌پاشی متانول و اسیدآمینه گلایسین، پژوهش حاضر در سال ۱۳۹۷ در دو منطقه همدان و قم اجرا شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای این آزمایش شامل مصرف متانول در سه سطح (شاهد، ۱۵ و ۳۰ درصد حجمی متانول)، مصرف گلایسین در دو سطح (شاهد و چهار گرم به ازای هر لیتر متانول مصرفی) و ارقام چغندر علوفه‌ای در شش سطح (SBSI050، SBSI051، SBSI052، Brunium، Jamon و Kyros) بود. بر اساس نتایج، مناطق مورد ارزیابی تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد را نشان دادند. عملکرد ریشه در منطقه همدان نسبت به قم به‌طور میانگین ۴۰/۵۹ تن در هکتار بیشتر و تفاوت عملکرد کل ۴۵/۵۳ تن در هکتار بود. محلول‌پاشی متانول به‌طور میانگین سبب افزایش عملکرد ریشه به مقدار ۱۶/۵۶ تن در هکتار و عملکرد ماده خشک به میزان ۲/۸۵ تن در هکتار نسبت به تیمار شاهد شد. اما سطوح مختلف مصرف متانول تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. محلول‌پاشی گلایسین نیز تفاوت معنی‌داری را در صفات کمی ایجاد نمود، میانگین عملکرد کل را ۱۷/۴۷ تن در هکتار افزایش داد. در بررسی عملکرد کیفی شامل پروتئین خام و درصد قابلیت هضم ریشه، بین سطوح مختلف متانول و گلایسین تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. نتایج نشان دادند که بین ژنوتیپ‌ها نیز تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد وجود داشت. بر اساس نتایج اثرات متقابل ژنوتیپ و متانول، ژنوتیپ kyros در منطقه همدان به انضمام سطح محلول‌پاشی ۱۵ درصد حجمی با ثبت رکورد میانگین ۱۲۰ تن در هکتار عملکرد ریشه، میانگین ۲۰ تن در هکتار عملکرد ماده خشک ریشه و میانگین ۱۴۲ تن در هکتار عملکرد کل به‌عنوان بهترین گزینه قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: چغندر علوفه‌ای، صفات کیفی، عملکرد کل، عملکرد ماده خشک، متانول، محلول‌پاشی

۱- دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهر قدس، تهران، ایران.

۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، البرز، ایران. *- نویسنده مسئول: drdavoodhabibi@gmail.com

۳- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهر قدس، تهران، ایران.

۴- استادیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

CC BY

مقدمه

سالیانه مقادیر قابل توجهی علوفه و خوراک دام از طریق کشورهای خارجی با صرف هزینه‌های ارزی گزاف وارد کشور می‌شود. از یک‌سو افزایش قیمت جهانی خوراک دام و حجم انبوه واردات این اقلام و از سوی دیگر محدودیت منابع آب و خاک مناسب جهت گسترش کشت گیاهان علوفه‌ای متداول، منتج به مطالعه و برنامه‌ریزی جهت استفاده از گیاهان علوفه‌ای جدید و پر محصول در راستای تأمین علوفه مورد نیاز جمعیت دامی کشور شده است. با توجه به کاهش بارندگی و پایین بودن ذخایر آبی کشور، کاربرد روش‌های زراعی نوین و استفاده از گیاهان جدید و واریته‌های پر محصول سازگار با شرایط آب و هوایی و اقلیم کشورمان اهمیت بسزایی خواهد داشت. چغندر علوفه‌ای به دلیل تولید چشمگیر محصول، سهولت کشت، خوش‌خوراکی برای دام و مقاومت نسبی به خشکی هم‌چنین نمایش عملکرد اقتصادی مناسب در شرایط کم‌آبی و خشک‌سالی می‌تواند به‌عنوان گزینه قابل قبول در تناوب زراعی مناطق مختلف مورد استفاده قرار گرفته و به جامعه کشاورزان نیز توصیه شود (Sadeghi-Shoae *et al*. 2020). در میان مجموعه عوامل، آب و هوا به‌عنوان مهم‌ترین عامل خارجی مؤثر در عملکرد و کیفیت تکنولوژیکی چغندرقند معرفی شده (Cooke and Scott 1993) و در این راستا تنش خشکی مخرب‌ترین عامل در افزایش مواد محلول غیرقندی نظیر سدیم، پتاسیم و سایر ترکیبات مضر در ریشه چغندرقند عنوان می‌گردد (Abdollahian-Noghabi *et al*. 2002) که هر یک به‌نوبه خود، در زمان استفاده از چغندرقند به‌عنوان علوفه، از خوش‌خوراکی آن خواهند کاست. طی گزارش صادقی شعاع و همکاران (Sadeghi-Shoae *et al*. 2019)، شایسته است که رقم مناسب چغندر علوفه‌ای بر اساس کیفیت علوفه تولیدی، صفات مورفولوژیک، شرایط محیطی، بیماری و آفات منطقه، فصل کشت، میزان خاک همراه کم‌تر ریشه، هدف و نوع استفاده از اندام هوایی و هدف مصرف (تازه‌خوری، چرای مستقیم و یا سیلو) انتخاب گردد.

عملکرد گیاهان وابستگی تام به روند فتوسنتز و تولید ماده آلی دارد. بخش جدایی‌ناپذیر این روند، دی‌اکسید کربن است که نهایتاً با تولید ترکیبات کربنی زمینه رشد و تولید محصولات گیاهی را فراهم می‌آورد. متانول جزو ساده‌ترین ترکیباتی است که در عموم گیاهان تولید می‌شود (Felix *et al*. 2019). متانول الکلی است بسیار فرار که به‌واسطه عامل متیل خود، از طریق کوتیکول برگ به‌سرعت جذب می‌شود. اهمیت متانول به این دلیل است که این ماده حاصل بعضی از واکنش‌های گیاهی است و کاملاً برای آنها شناخته شده می‌باشد و می‌تواند پس از تولید توسط بافت‌های گیاهی متابولیزه شده و در نهایت دی‌اکسید کربن در اختیار گیاه قرار دهد (Gout *et al*. 2000). متانول سبب تولید دی‌اکسید کربن در برگ‌ها و تسریع فعالیت فتوسنتز شده و بدین سبب به‌عنوان منبع کربن قابل استفاده می‌باشد (Saneienejad *et al*. 2019). از آنجائی که متانول در مقایسه با مولکول دی‌اکسید کربن کوچک‌تر است، لذا به‌راحتی توسط گیاهان سه کربنه به‌عنوان منبع کربن درون گیاه برای افزایش عملکرد ماده خشک مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ramirez *et al*. 2006). هم‌چنین متانول با تأثیر بر حمل و نقل بین‌سلولی ماکرو مولکول‌ها، در کنترل رشد و نمو گیاهان شرکت می‌کند (Dorokhov *et al*. 2018). بر اساس تحقیقات، از دیگر فواید مهم متانول، کاهش تأثیر تنفس نوری است (Safarzade Vishekaei 2007). برخی از محققین (Zbiec *et al*. 2003)، علت کاهش تنفس نوری در گیاهان تیمار شده با متانول را اکسیداسیون سریع متانول، تبدیل آن به دی‌اکسید کربن و سپس ترکیب شدن با ریبولوز بیس فسفات (Ribulose 1,5-bisphosphate (RuBP)) و کم شدن رقابت اکسیژن می‌دانند. طبق مطالعه همینگ و همکاران (Hemming *et al*. 1995)، متانول می‌تواند ماهیت تنفس نوری را تغییر دهد؛ یعنی از یک واکنش کاتابولیک به یک واکنش آنابولیک تبدیل گردد. در شرایط معمول یک سرین در تنفس نوری تولید می‌شود، اما گیاهان تیمار شده با متانول در شرایطی که به مسیر تنفس نوری

وارد می‌شوند، معادل دو مولکول سرین در میتوکندری خود می‌سازند که این عامل به دو برابر شدن تولید ساکارز منتهی می‌شود. متانول به‌صورت فرمالدئید و دی‌اکسید کربن در گیاه اکسید شده و به‌صورت اسیدهای آمینه (سرین و متیونین) و کربوهیدرات‌ها در بافت‌های مختلف گیاهان سه کربنه سنتز می‌شود (Hemming *et al*. 1995). گیاهان تیمار شده با متانول می‌توانند فتوسنتز خالص خود را افزایش داده و نهایتاً عملکرد خود را بهبود بخشند (Nonomura and Benson 1992). از جمله کارهای دیگری که متانول در داخل گیاه انجام می‌دهد، سرعت بخشیدن به تولید قند و آمینواسیدها در مجاورت دی‌اکسید کربن است (Rajala *et al*.1998). مطابق با تحقیقات مشخص گردیده که در عموم گیاهان، متانول از طریق دمتیلاسیون پکتین در دیواره سلولی تولید می‌شود (Fall and Benson 1996; Galbally and Kirstine 2002; Nonomura and Benson 1992). متانول استفاده‌شده بر روی گیاهان سه کربنه خصوصاً در شرایطی با تنفس نوری زیاد، می‌تواند بخشی از تلفات کربن تثبیت‌شده توسط فتوسنتز را جبران نماید که این امر منجر به افزایش فتوسنتز خالص در واحد سطح و بالا رفتن تولید ماده خشک خواهد شد (McGiffen *et al*. 1996). فورد و تورن (Ford and Thorne 1967) اظهار داشتند که افزایش غلظت دی‌اکسید کربن می‌تواند سبب افزایش وزن ریشه و برگ‌های چغندرقند شود. از سوی دیگر، همگام با افزایش غلظت دی‌اکسید کربن، ماده خشک ریشه و همچنین محتوای ساکارز نیز بیشتر خواهد شد (Demeres-Derks *et al*. 1996)، در نتیجه، به‌کارگیری ترکیباتی که سبب افزایش غلظت دی‌اکسید کربن در گیاه شوند، توانایی تثبیت یا افزایش عملکرد گیاهان زراعی را خواهند داشت. محقق دیگری نیز افزایش عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید را بعد از محلول‌پاشی متانول گزارش داده است (Nadali *et al*. 2010). مخدوم و همکاران (Makhdum *et al*. 2002) نشان دادند که بر اثر محلول‌پاشی متانول، سطح برگ‌ها افزایش یافته و به‌موازات آن فتوسنتز و نهایتاً عملکرد در پنبه نیز ارتقاء یافته است. متانول تولید قند و آمینواسیدها را سرعت می‌بخشد به‌طوری که مصرف متانول روی قسمت‌های هوایی گیاه پنبه باعث افزایش تولید ماده خشک، کاهش دمای برگ، افزایش فتوسنتز خالص برگ، افزایش عملکرد دانه و همچنین کاهش نیاز آبی این گیاه گردیده است (Valizadeh-Kamran *et al*. 2019). بالا رفتن چشمگیر راندمان عملکرد گیاه نخود پس از سه مرتبه محلول‌پاشی متانول توسط برخی از محققان گزارش شده است (Nadali *et al*. 2010; Soghani *et al*. 2011).

روی برگ اکثر گیاهان، باکتری‌های همزیست به نام باکتری‌های متیلوتروفیک (Methylotrophic Bacteria) زندگی می‌کنند. این باکتری‌ها با ساخت هورمون سایتوکنین و اکسین سبب افزایش رشد قسمت‌های مختلف گیاهان می‌شوند. محلول‌پاشی متانول باعث ازدیاد جمعیت این‌گونه باکتری‌ها می‌گردد (Safarzade Vishekaei 2007; Lee *et al*. 2006). برخی مطالعات نشان داده‌اند که روند پیر شدن برگ‌های یولاف و گل میخک با بهره‌وری از الکل به تأخیر افتاده که این امر احتمالاً ناشی از جلوگیری عمل اتیلن در بافت برگ‌های این گیاهان می‌باشد(Rajala *et al*.1998). (ACC) ۱-آمینو سیکلو پروپان ۱-کربوکسیلیک اسید، به‌عنوان محرک تولید اتیلن تلقی می‌گردد، اما مطابق با گزارش‌ها، متانول با مختل کردن ظهور این ماده از تولید اتیلن جلوگیری می‌کند (Satler and Thimann 1980). تأخیر در پیری برگ‌های گیاه می‌تواند سبب افزایش دوام سطح برگ و در نتیجه افزایش مدت‌زمان لازم جهت فعالیت فتوسنتزی شده و نهایتاً افزایش تثبیت دی‌اکسید کربن را فراهم آورد و بدین طریق زمینه را برای افزایش عملکرد و رشد و نمو هر چه مطلوب‌تر گیاه مهیا سازد (Ramberg *et al*. 2002; Ramirez *et al*. 2006). مطالعات بر روی گیاهان گوجه‌فرنگی، لوبیا، چغندرقند و کلزا نشان دادند گیاهانی که با متانول ۳۰ درصد محلول‌پاشی شدند ۱۲ تا ۱۳ درصد محصول بیشتری نسبت به تیمار شاهد تولید کردند. هم‌چنین مطالعات

گسترده‌تر نشان دادند که در گیاهانی مانند پنبه، بادام‌زمینی و سویا، محلول‌پاشی متانول باعث افزایش عملکرد شده است (Devlin *et al*. 1994). در خصوص گیاهانی نظیر سیب‌زمینی، یولاف، گندم پاییزه و ذرت، متانول تأثیر چندانی بر عملکرد نداشته است (Faver and Grick 1996). صادقی شعاع و همکاران (Sadeghi Shoae *et al*. 2012) طی آزمایشی محلول‌پاشی متانول و فواصل محلول‌پاشی را پایش نموده و گزارش دادند که متانول باعث افزایش عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید در چغندرقند شده است. همچنین طی گزارش صادقی شعاع و همکاران (2012)، محلول‌پاشی متانول بر روی عملکرد دانه، عملکرد پروتئین دانه و عملکرد اندام هوایی گیاه ماش تأثیر مثبتی داشته است. پاک‌نژاد و همکاران (Paknejad *et al*. 2009; 2012) گزارش نمودند که محلول‌پاشی متانول اثر معنی‌داری بر محتوای کلروفیل، محتوای آب نسبی و عملکرد دانه سویا دارد. بر اساس این نتایج، سطوح مختلف متانول کاربردی باعث افزایش عملکرد نسبت به شاهد شده اما استثنائا در زمان کاربرد بیشترین سطح متانول، مشتمل بر ۳۵ درصد حجمی، عملکرد روند کاهشی داشته که علت آن را سمیت ناشی از کاربرد مقادیر بالای متانول بیان داشته‌اند. به عبارت ساده، زمانی که گیاهان سه کربنه پس از مصرف متانول در معرض نور قرار نگیرند علائم مسمومیت حاصل از متانول را نمایش می‌دهند (Ramberg *et al*. 2002; Nonomura and Benson 1992). برای جلوگیری از مسمومیت، مصرف گلایسین توصیه شده است.

گلایسین در بهبود مقاومت به تنش دارای نقش مؤثر است (Preedy 2015). علاوه بر نقش محافظت اسمزی، این ماده در دیگر اثرات فیزیولوژیکی مؤثر در پاسخ به تنش‌های گیاهی نیز مطرح می‌باشد. ترکیبات آمونیوم چهارگانه نظیر گلایسین بتائین (GB) از جمله حفاظت کننده‌های اسمزی هستند که در شرایط تنش رطوبتی در سلول‌های گیاهی تجمع می‌یابند(Preedy 2015). گلایسین تجمع یافته در کلروپلاست، هم در حفاظت از غشا تیلاکوئیدی و هم در حفظ و نگه‌داری کارایی فتوسنتز نقش ویژه خواهد داشت(Rajala *et al*.1998). گلایسین بتائین باعث تثبیت ساختارهای سلولی و پروتئین‌های کارکردی شده و تمامیت غشای سلول را در مقابل عوامل تنش‌زا حفظ می‌کند (Park *et al*. 2006). گلایسین، نقش مهمی در تنظیم اسمزی سلول‌ها و حفظ اندامک‌هایی نظیر میتوکندری و کلروپلاست ایفا نموده و در تنظیم یا بهبود راندمان مصرف آب در گیاهان تحت کمبود آب تأثیر مثبت دارد (Ashraf and Foolad 2007). این اسیدآمینه بلافاصله پس از دریافت، توسط بافت‌های گیاهی جذب شده و به‌آسانی به ریشه، مریستم و برگ‌های در حال گسترش منتقل می‌شود (Mäkelä *et al*. 2000). از آنجا که گلایسین از نظر متابولیکی کاملاً بی‌اثر است، برای چندین هفته در بافت گیاه باقی می‌ماند (Preedy 2015). گلایسین بتائین هنگام استفاده به‌صورت محلول‌پاشی روی برگ‌های گیاهان، به سهولت توسط بافت‌های برگ و ریشه جذب می‌شود (Park *et al*. 2006). گلایسین بتائین توسط آوندهای چوب و آبکش به قسمت‌های فعال و در حال رشد گیاه منتقل می‌گردد (Mäkelä *et al*. 1996). استفاده از گلایسین بتائین باعث افزایش تحمل گیاهان به استرس غیرزنده می‌شود (Chen and Murata 2008). علاوه بر این، تجمع گلایسین بتائین باعث افزایش پتانسیل‌های عملکرد در شرایط غیر استرس نیز می‌شود. نظر به موارد یاد شده، این آزمایش با هدف بررسی تأثیر محلول‌پاشی متانول و گلایسین بر اجزاء عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف چغندر علوفه‌ای در شرایط محیطی متفاوت انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۷ به‌صورت فاکتوریل اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و مشتمل بر سه فاکتور آزمایشی در دو منطقه قم و همدان به اجرا درآمد. اولین فاکتور عبارت بود از سطوح سه‌گانه غلظت متانول (شاهد، ۱۵ درصد حجمی متانول و ۳۰ درصد حجمی متانول)،

دومین فاکتور، سطوح دوگانه غلظت گلایسین (شاهد و چهار گرم به ازای هر لیتر متانول مصرفی) و سومین فاکتور آزمایش به شش ژنوتیپ چغندر علوفه‌ای اختصاص یافت. این ژنوتیپ‌ها شامل اس ۵۰ (SBSI050)، اس ۵۱ (SBSI051) و اس ۵۲ (SBSI052)، جامون (Jamon) و برونوم (Brunium) و کی‌روش (Kyros) بودند. متانول و گلایسین به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های اصلی و ژنوتیپ‌ها در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. فواصل بین کرت‌های اصلی و فرعی به‌ترتیب ۱۵۰ و ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. زمین آزمایش پس از یک دوره‌ی آیش اقدام به کاشت بذر شد. هر کرت شامل چهار خط کاشت به طول پنج متر و فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. فاصله بوته‌ها پس از وجین دستی روی خط کاشت، ۲۰ سانتی‌متر و تراکم مورد نظر ۱۰۰۰۰۰ بوته در هکتار بود. عملیات اولیه زمین شامل شخم و دیسک در پاییز انجام شد و در بهار نیز نسبت به اجرای شخم سبک، دیسک مجدد و تسطیح اقدام لازم صورت پذیرفت. نمونه‌گیری از خاک مزرعه در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری در قطعه آزمایشی هر منطقه انجام شد و در نهایت نمونه‌های هر منطقه به تفکیک با هم مخلوط و یک نمونه مرکب از هر منطقه تهیه و جهت آزمایش خاک به آزمایشگاه ارسال گردید. میزان کودمصرفی بر اساس نتایج آزمایش خاک (جدول ۱) هر منطقه تعیین و مورد استفاده قرار گرفت. با رسیدن متوسط دمای شبانه‌روز به ۲۵ درجه سانتی‌گراد، محلول‌پاشی متانول شروع شد و در سه مرحله به فواصل هر دو هفته یک‌بار، هنگام غروب آفتاب، بین ساعات ۱۷ الی ۲۰ انجام گردید. هم‌زمان و مخلوط با متانول، محلول‌پاشی گلایسین بتائین نیز در تیمارهای مشترک بر روی برگ‌ها صورت گرفت. شایان‌ذکر است که در تیمار شاهد بدون متانول، محلول‌پاشی با آب انجام شد. محلول‌پاشی بوته‌ها با غلظت‌های ۱۵ و ۳۰ درصد حجمی متانول به انضمام گلایسین مصرفی به مقدار چهار گرم به ازای هر لیتر مصرفی متانول تا هنگام جاری شدن قطرات محلول از برگ‌ها ادامه یافت. زمان کشت در منطقه همدان ۲۵ اردیبهشت و در منطقه قم ۲۶ اردیبهشت‌ماه بود و کشت به‌صورت دستی و در عمق دو تا سه سانتی‌متری صورت گرفت و در محل کشت چهار بذر قرار داده شد که بعداً و پس از استقرار بوته‌ها تنک شدند. در نهایت در هر دو منطقه، برداشت محصول حدود ۱۵ آبان ماه انجام شد.

جدول ۱ نتایج برخی صفات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری

منطقه	سدیم	پتاسیم	فسفر	نیتروژن آمونیومی	نیتروژن نیتراته	سیلت	رسی	شنی	درصد کربن آلی	اسیدیته	هدایت الکتریکی
	میلی‌مول در لیتر	میلی‌گرم در کیلوگرم				درصد					(دسی زمینس بر متر)
همدان	۶/۳۶	۵۶۸/۰۵	۱۲/۰۶	۵/۹۵	۱۴/۶۳	۴۹/۸۵	۳۰/۴۵	۱۹/۷۰	۱/۰۳	۷/۸۴	۱/۰۳
قم	۸/۹۲	۶۸۹/۱۱	۸/۴۶	۶/۳۰	۱۵/۸۲	۳۶/۰۰	۵۱/۴۰	۱۲/۶۰	۰/۲۱	۷/۸۲	۱/۸۳

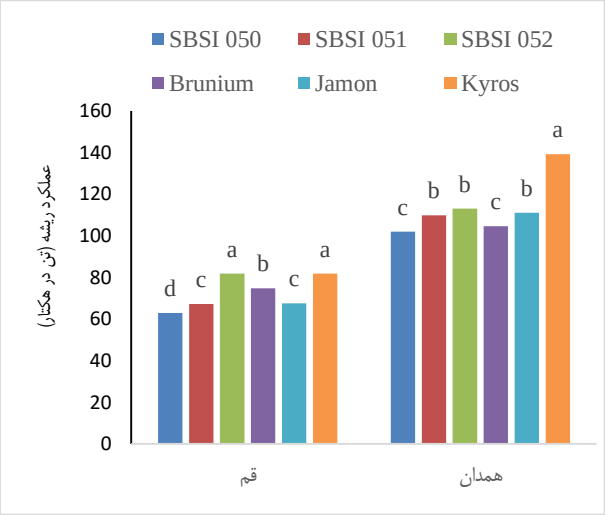
صفات کمی و کیفی مورد ارزیابی در این تحقیق شامل عملکرد ریشه، عملکرد ماده خشک اندام هوایی، عملکرد ماده خشک ریشه، عملکرد کل، عملکرد ماده خشک کل، طول ریشه، درصد ریشه بیرون از خاک، درصد قابلیت هضم ماده خشک ریشه و درصد پروتئین خام ریشه بودند. به‌منظور تعیین عملکرد چغندر علوفه‌ای در هر یک از تکرارها، از خطوط سه و چهار هر کرت در سطح پنج مترمربع نمونه‌برداری نهائی انجام شد. نمونه‌های یادشده پس از جدا نمودن اندام هوایی در مزرعه به

تفکیک ریشه و اندام هوایی توزین گردیده و ارقام و نتایج حاصله به‌کل مزرعه تعمیم داده شدند و سپس نمونه‌ها جهت تجزیه کیفی به آزمایشگاه منتقل شدند. ریشه‌های برداشت‌شده از هر کرت شسته شده و پس از توزین آن‌ها، توسط دستگاه ونما خمیر تهیه گردیده و در ظروف مخصوص قرار داده شد. جهت محاسبه عملکرد ماده خشک ریشه، خمیر ریشه پس از خمیرگیری به مدت ۷۲ ساعت در آون قرار داده شد و مابقی خمیر پس از گذاشتن پوشش نایلونی روی سینی‌های مخصوص حاوی نمونه‌ها بلافاصله به فریزر منتقل و تا زمان تجزیه کیفی در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. برای تجزیه کیفی هر نمونه پس از خارج شدن از حالت انجماد، از هر نمونه ۲۶ گرم خمیر با ۱۷۷ میلی‌لیتر سواستات سرب در همزن ریخته و به مدت سه دقیقه مخلوط شد. پس از انتقال مخلوط به قیف صافی شربت زلالی حاصل گردید که در شربت حاصله نیتروژن مضره به روش عدد آبی و استفاده از دستگاه بتالایزر اندازه‌گیری شد (Kunz *et al.* 2002). جهت تعیین درصد قابلیت هضم ماده خشک ریشه از روش دو مرحله‌ای پپسین- سلولاز استفاده شد (Tilley and Terry 1963). برای اندازه‌گیری طول ریشه و طول ریشه بیرون از خاک در هر کرت تعداد ۱۰ بوته از هر کرت به‌صورت تصادفی انتخاب و به‌وسیله خط‌کش اندازه‌گیری گردید. پس از جمع‌آوری داده‌های مورد نظر، تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از تجزیه مرکب اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی توسط نرم‌افزار SAS 9.4 انجام شد، سپس جهت مقایسه میانگین‌ها از روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد ریشه

بر مبنای نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها، عملکرد ریشه در دو منطقه مورد ارزیابی در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌دار داشت و مقدار آن در همدان ۱۱۳/۳۰ و در قم ۷۲/۷۱ تن در هکتار بود. همچنین بر اساس نتایج، اثر متانول بر روی عملکرد ریشه با اطمینان خطای ۱ درصد معنی‌دار شد. تیمارهای ۱۵ و ۳۰ درصد حجمی متانول به ترتیب با ثبت ۹۸/۷۶ و ۹۸/۴۱ تن بر هکتار، عملکرد ریشه بالاتری را نسبت به تیمار شاهد با عملکرد ۸۱/۸۵ تن بر هکتار به خود اختصاص دادند (جداول ۲ و ۳). اثر گلایسین تفاوت معنی‌داری را در سطح احتمال ۱درصد در عملکرد ریشه پدید آورد، به‌طوری که استفاده از چهار گرم گلایسین به ازای هر لیتر متانول، عملکرد ۹۹/۶۲ تن بر هکتاری در مقایسه با تیمار شاهد با ثبت عملکرد ریشه ۸۶/۴۰ تن در هکتار رقم زد (جدول ۲ و ۳). بر همین اساس، بین ژنوتیپ‌ها نیز اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود داشت (جدول ۲). ژنوتیپ کیروش با عملکرد ریشه ۱۱۰/۵۴ تن بر هکتار بیشترین عملکرد ریشه را به خود اختصاص داد (جدول ۳). اثر متقابل منطقه در ژنوتیپ بر روی عملکرد ریشه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. در منطقه قم دو ژنوتیپ کیروش و SBSI 052 بالاترین عملکرد ریشه را داشتند و در یک گروه آماری قرار گرفتند و در منطقه همدان رقم کیروش بیشترین عملکرد ریشه را داشت (شکل ۱).



شکل ۱ مقایسه میانگین اثرات متقابل منطقه در ژنوتیپ بر روی عملکرد ریشه

جدول۲ جدول تجزیه واریانس صفات کمی و کیفی مورد ارزیابی

صفت / منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		عملکرد ریشه	عملکرد ماده خشک ریشه	عملکرد ماده خشک اندام هوایی	عملکرد کل	عملکرد ماده خشک کل	درصد قابلیت هضم ماده خشک ریشه	درصد پروتئین خام ریشه	طول ریشه	طول ریشه بیرون از خاک
منطقه(L)	۱	۸۸۹۷۳/۲۸.**	۲۴۹۱/۷۹**	۳۹/۰۱**	۱۱۱۹۶۶**	۳۱۵۴/۴۰**	۲/۶۷ ns	۱۰۰/۰۲ **	۲۰۰۶/۷۱**	۳۷۰/۹۳**
تکرار(R)	۴	۲۸۶/۸۴	۱۰/۳۵	۷/۷۷	۴۶۶/۳۷	۱۸/۶۴	۴/۳۴	۳۰/۸۸	۲۱/۹۴	۱۳/۶۲
متانول(A)	۲	۶۷۲۴/۱۳**	۱۸۷/۸۲**	۳۲/۰۰**	۱۳۰۷۲**	۳۷۳/۳۹**	۳/۶۸ ns	۸/۲۱ ns	۴۶۸/۶۵**	۲۲۳/۸۷**
گلایسین (B)	۱	۹۴۳۴/۰۵**	۲۳۵/۵۴**	۲۳/۹۳*	۱۶۴۸۰**	۴۰۹/۶۴**	۰/۲۹ ns	۳/۳۵ ns	۴۰۱/۵۵**	۲۵۹/۹۱**
A×B	۲	۱۵۲۶/۸۴ns	۴۸/۷۶ns	۲/۵۸ns	۱۰۶۵/۶۹ns	۳۱/۸۴ns	۲/۹۳ ns	۴/۹۴ ns	۱۷/۱۸ns	۱۱/۲۲ns
L×A	۲	۶۷۰/۶۰ns	۱۱/۲۱ns	۱۸/۹۸*	۱۷۴۴/۶۲*	۴۹/۵۵ns	۰/۱۱ ns	۰/۹۱ ns	۳۰۳/۵۳**	۱۰/۷۰ns
L×B	۱	۳۱۸۲/۸۹*	۹۲/۵۱*	۲/۸۴ns	۲۴۴۳/۳۲*	۶۲/۹۲ns	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۴ ns	۸۸/۱۲ns	۳۵/۱۸*
L×A×B	۲	۵۶۷/۳۱ns	۲۰/۲۳ns	۱۳/۲۱*	۲۲۶/۷۱ns	۶/۰۲ns	۰/۳۵ ns	۲/۷۳ ns	۷۰/۰۶ns	۱۵/۶۱ns
خطا (Ea)	۱۰	۴۲۲/۰۹	۱۳/۶۴	۳/۰۳	۴۲۰/۶۳	۱۳/۸۳	۱/۴۴	۵/۹۷	۱۸/۳۱	۱۰/۹۰
ژنوتیپ(C)	۵	۳۴۶۵/۹۸**	۱۰۰/۹۱**	۹/۶۳*	۳۹۰۰/۶۵**	۱۲۳/۸۲**	۱۸/۳۹**	۳۲/۵۴ **	۲۵۳/۱۰**	۳۷۶/۲۱**
L×C	۵	۸۹۹/۵۲**	۱۶/۴۶**	۷/۱۰ns	۶۶۱/۲۵**	۱۸/۲۸ns	۵/۵۶*	۲۷/۵۴ **	۵۸/۰۰*	۱۸/۸۳ns
A×C	۱۰	۲۵۵/۳۴**	۷/۸۱**	۱۷/۲۹**	۵۴۵/۹۵**	۱۷/۱۸**	۱/۱۱ ns	۵/۰۲ ns	۴۸/۹۳*	۱۸/۶۸ns
L×A×C	۱۰	۲۰۵/۸۹**	۷/۲۰**	۶/۶۱ns	۴۴۷/۱۴**	۱۳/۷۰*	۰/۲۷ ns	۳/۳۴ ns	۳۵/۷۸ns	۱۰/۳۰ns
B×C	۵	۱۶۲/۴۰**	۴/۴۸**	۷/۱۹ns	۲۳۰/۰۰ns	۱۱/۰۶*	۰/۰۰۰۳ ns	۰/۰۰۰۲ ns	۲۳/۹۶ns	۲۵/۹۵*
L×B×C	۵	۱۶۴/۶۹**	۳/۲۴*	۹/۳۲*	۲۹۰/۶۴ns	۱۲/۹۹*	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۳ ns	۱۴/۰۳ns	۶/۶۰ns
A×B×C	۱۰	۶۴/۳۴*	۱/۹۵ns	۵/۵۸ns	۱۳۸/۲۸ns	۴/۳۹ns	۳/۳۰ ns	۱۵/۱۱ ns	۴۱/۴۲ns	۲۰/۵۷ns
L×A×B×C	۱۰	۴۸/۶۴*	۲/۳۶*	۱/۹۵ns	۵۰/۶۱ns	۳/۴۰ns	۰/۸۳ ns	۱۰/۰۳ ns	۲۷/۶۳ns	۷/۴۲ns
خطا (Eb)	۱۳۰	۲۱/۷۸	۱/۱۴	۳/۹۶	۱۴۰/۵۲	۵/۱۹	۲/۲۲	۸/۴۴	۲۰/۹۰	۱۲/۸۶
ضریب تغییرات(درصد)	-	۱۵,۰۱	۱۶,۴۸	۳۷/۹۲	۲۰/۳۱	۲۱/۰۵	۱۲/۶۰	۳/۲۹	۱۷/۰۸	۳۴/۹۸

ns، *، ** به ترتیب عدم‌معنی‌داری و معنی‌داری در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

جدول۳ مقایسه میانگین برخی از صفات کمی و کیفی مورد ارزیابی در تیمارهای آزمایش

	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	عملکرد ماده خشک ریشه (تن در هکتار)	عملکرد ماده خشک اندام هوایی (تن در هکتار)	عملکرد کل (تن در هکتار)	عملکرد ماده خشک کل (تن در هکتار)	قابلیت هضم ماده خشک ریشه(درصد)	پروتئین خام ریشه(درصد)	طول ریشه (سانتیمتر)	طول ریشه بیرون از خاک (سانتیمتر)
منطقه									
قم	۷۲/۷۱ b	۱۳/۰۷ B	۳/۷۲ b	۹۲/۱۱ b	۱۶/۸۰ b	۸۸/۱۷ a	۱۰/۹۸ b	۲۳/۷۱ b	۶/ ۶۶b
همدان	۱۱۳/۳۰ a	۱۹/ ۸۶a	۴/۵۷ a	۱۳۷/۶۴ a	۲۴/ ۴۴ a	۸۸/۱۵ a	۱۲/۶۶ a	۲۹/۸۱ a	۹/۲۸ a
متانول									
شاهد	۸۱/۸۵ b	۱۴/۶۰ b	۳/۳۸ b	۹۹/۳۳ b	۱۷/۹۹ b	۸۸/۳۸ a	۱۱/۹۷ a	۲۳/ ۸۱b	۵/۹۳ b
۱۵ درصد حجمی	۹۸/۷۶ a	۱۷/۴۵ a	۴/۴۶ a	۱۲۲/۱۹ a	۲۱/ ۹۲a	۸۸/۳۳ a	۱۱/۹۳ a	۲۸/۱۷ a	۸/۸۹ a
۳۰ درصد حجمی	۹۸/۴۱ a	۱۷/ ۳۴a	۴/۶۰ a	۱۲۳/۱۱ a	۲۱/ ۹۵a	۸۷/۷۷ a	۱۱/۵۶ a	۲۸/ ۲۹a	۹/ ۰۷a
گلایسین									
شاهد	۸۶/۴۰ b	۱۵/۴۲ b	۳/۸۲ b	۱۰۶/۱۴b	۱۹/۲۴b	۸۸/۵۵ a	۱۱/۸۶ a	۲۵/۴۰ b	۶/۸۷ b
۴ گرم برای هر لیتر متانول	۹۹/۶۲ a	۱۷/۵۱ a	۴/۴۸ a	۱۲۳/۶۱ a	۲۲/۰۰a	۸۷/۷۶ a	۱۱/۷۸ a	۲۸/۱۲a	۹/ ۰۶a
ژنوتیپ									
SBSI050	۸۲/۵۴ d	۱۶/۵۰ b	۴/۲۱ ab	۱۰۳/۹۱ c	۲۰/۷۱ b	۸۹/۰۴ a	۱۲/۷۸ a	۲۴/۴۷ c	۵/۷۸ c
SBSI051	۸۸/۵۲ c	۱۵/ ۴۸c	۴/۴۹ ab	۱۱۴/۱۹ b	۱۹/۹۸ b	۸۷/۵۰ ab	۱۱/۳۶ b	۲۳/۴۲c	۵/۹۶ c
SBSI052	۹۷/۴۴ b	۱۷/۸۰a	۴/ ۹۸a	۱۲۵/۰۶ a	۲۲/۸۰ a	۸۸/۷۷ ab	۱۱/۴۳ b	۲۷/ ۶۴ab	۶/۸۳ bc
Brunium	۸۹/۶۸ c	۱۶/ ۷۳b	۳/۵۹ b	۱۰۶/۷۷ bc	۲۰/۳۲ b	۸۸/۴۸ ab	۱۲/۷۰ a	۲۵/۷۵bc	۶/۳۶ bc
Jamon	۸۹/۳۲ c	۱۳/۸۰ d	۳/۸۰ ab	bc ۱۰۹/۵۳	۱۷/۶۰ c	۸۶/۹۶ b	۱۱/۳۰ b	۲۹/۱۸ a	۸/۵۲ b
Kyros	۱۱۰/۵۴ a	۱۸/۴۷ a	۳/۸۳ ab	۱۲۹/۸۱ a	۲۲/۳۱a	۸۸/۲۰ ab	۱۱/۳۵ b	۳۰/۰۹ a	۱۴/۲۶ a

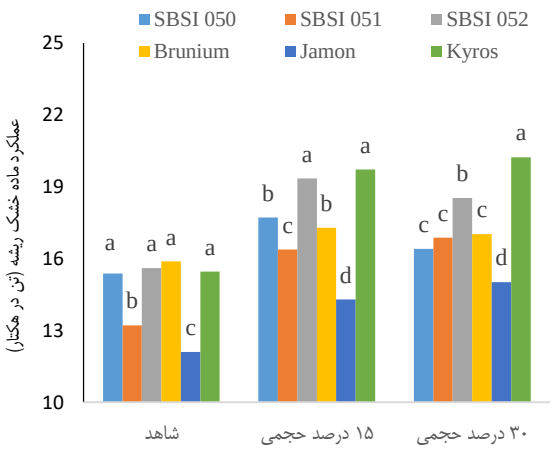
تیمارهای دارای حروف مشابه ، تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند.

همچنین طبق جدول تجزیه واریانس داده‌ها اثر متقابل متانول در ژنوتیپ نیز بر روی عملکرد ریشه معنی‌دار شد. در سطح شاهد، رقم کی‌روش بیشترین عملکرد ریشه را داشت و سه رقم اس ۵۰ و اس ۵۱ و جامون کمترین عملکرد ریشه را نشان دادند و از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند. شایان‌ذکر است که در زمان محلول‌پاشی متانول با سطوح غلظت ۱۵ و ۳۰ درصد حجمی، کم‌ترین عملکرد ریشه همواره به ژنوتیپ اس ۵۰ اختصاص داشت (شکل ۲). تحقیقات صادقی شعاع و همکاران (Sadeghi-Shoae *et al*. 2012) نشان داد که محلول‌پاشی متانول باعث افزایش عملکرد ریشه و عملکرد قند در گیاه چغندرقند می‌گردد. نانومورا و بنسون (Nonomura and Benson 1992)، نیز اظهار داشتند که بهره‌وری از متانول، سبب تشدید پروسه فتوسنتز و افزایش عملکرد کلی گیاه می‌گردد. به نظر محققین افزایش غلظت متانول در بافت‌های گیاهی، بر راندمان و سرعت تبدیل کربن و مسیرهای متابولیکی مربوط به تبدیل کربن اثرگذار می‌باشد (McGiffen and Manthey 1996; Ramberg *et al*. 2002; Downie *et al*. 2004).

شکل ۲ مقایسه میانگین اثرات متقابل متانول در ژنوتیپ بر روی عملکرد ریشه

عملکرد ماده خشک ریشه

مطابق با نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، اثرات اصلی منطقه کشت، متانول، گلایسین و ژنوتیپ بر روی صفت عملکرد ماده خشک ریشه اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد پدید آوردند. هم‌چنین اثرات متقابل منطقه در ژنوتیپ، متانول در ژنوتیپ، گلایسین در ژنوتیپ و برهمکنش منطقه، متانول و ژنوتیپ همگی در سطح یک درصد دارای معنی بود (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که عملکرد ماده خشک ریشه در منطقه همدان ۱۹/۸۶ و در منطقه قم ۱۳/۰۷ تن در هکتار بوده است (جدول ۳). کاربرد متانول باعث افزایش عملکرد ماده خشک ریشه گردیده است اما سطوح ۱۵ و ۳۰ درصد حجمی متانول در یک گروه آماری قرار گرفتند و به ترتیب با ۱۷/۴۵ و ۱۷/۳۴ تن در هکتار عملکرد ماده خشک بالاتری نسبت به شاهد با ۱۴/۶۰ تن در هکتار داشتند. استفاده از چهار گرم گلایسین موجب ثبت عملکرد ماده خشک ریشه به مقدار ۱۷/۵۱ تن در هکتار شد که بالاتر از تیمار شاهد با رکورد ۱۵/۴۲ تن در هکتار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بالاترین عملکرد ماده خشک ریشه در ژنوتیپ‌های کی‌روش و اس ۵۲ به ترتیب با ۱۸/۴۷ و ۱۷/۸۰ تن در هکتار به دست آمده و از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند و کمترین عملکرد ماده خشک ریشه تولیدی مربوط به ژنوتیپ جامون با ۱۳/۸۰ تن در هکتار بود (جدول ۳). اثر متقابل متانول در ژنوتیپ بر روی عملکرد ماده خشک ریشه نیز معنی‌دار بود (شکل ۳).



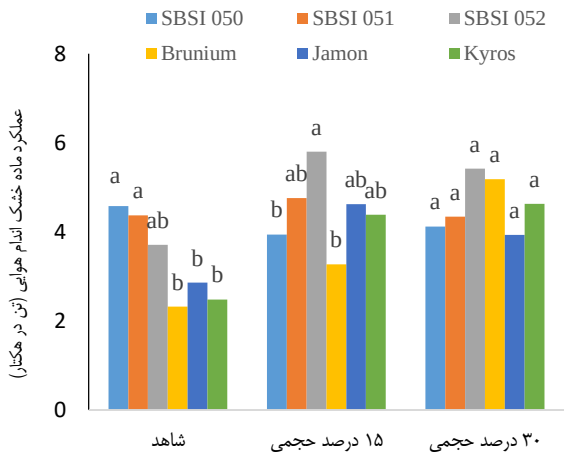
شکل ۳ مقایسه میانگین اثرات متقابل متانول در ژنوتیپ بر روی عملکرد ماده خشک ریشه

در سطح شاهد، ژنوتیپ های اس ۵۰ و اس ۵۲ و برونوم و کیروش بیشترین عملکرد ماده خشک ریشه را داشتند. در سطح ۱۵ درصد حجمی متانول دو ژنوتیپ اس ۵۲ و کیروش، و نهایتاً در غلظت ۳۰ درصد نیز رقم کی‌روش بیشترین عملکرد ماده خشک ریشه را به نمایش گذاشت. در شرایط تنش گرمایی و کشت تابستانه به علت کاهش پوشش سبز گیاه و به‌تبع آن کم شدن جذب نور و کاهش میزان متوسط فتوسنتز در اثر بسته شدن روزنه‌ها در هوای گرم و همچنین فرصت کمتر گیاه برای قند سازی، عملکرد ماده خشک ریشه کاهش می‌یابد (Clover *et al.* 1998). در چنین شرایطی مصرف توأم متانول و گلایسین می‌تواند این‌گونه اثرات سوء را تقلیل بخشد. فرشپور و همکاران (Farshpour *et al.* 2017) نیز گزارش دادند بین ارقام مختلف چغندر علوفه‌ای از نظر صفت یادشده اختلاف معنی‌داری وجود دارد و بسته به فصل کشت و هدف تولید، باید رقم مناسب را انتخاب کرد.

عملکرد ماده خشک اندام هوایی

بر اساس جدول تجزیه واریانس داده‌ها، مناطق مورد ارزیابی در این آزمایش بر روی عملکرد ماده خشک اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۲). عملکرد ماده خشک اندام هوایی در منطقه همدان ۴/۵۷ تن در هکتار و در منطقه قم ۳/۷۲ تن در هکتار بود (جدول ۳). کاربرد متانول بر روی صفت عملکرد ماده خشک اندام هوایی در سطح احتمال درصد معنی‌دار بود. سطوح ۱۵ و ۳۰ درصد حجمی متانول به ترتیب با ۴/۴۶ و ۴/۶۰ تن در هکتار نسبت به تیمار شاهد (۳/۳۸ تن در هکتار) عملکرد بیشتری را حاصل نمودند. بهره‌گیری از چهار گرم گلایسین به ازای هر لیتر متانول مصرفی نیز در سطح احتمال پنج درصد باعث افزایش عملکرد ماده خشک اندام هوایی در گیاه چغندر علوفه‌ای شد و عملکرد ۴/۴۸ تن در هکتاری را به ثبت رساند. هم‌چنین قابل ذکر است که بین ارقام مختلف چغندر علوفه‌ای از نظر این صفت، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد مشاهده شد.

جدول تجزیه واریانس حاکی از معنی‌داری اثرات متقابل متانول در ژنوتیپ بر روی عملکرد ماده‌خشک اندام هوایی در سطح احتمال درصد بود به صورتی که در سطح شاهد، ژنوتیپ‌های اس ۵۰ و اس ۵۱، بیشترین عملکرد ماده خشک اندام هوایی را داشتند و کمترین عملکرد را ژنوتیپ‌های برونوم، کی‌روش و جامون داشتند. در سطح ۱۵ درصد حجمی متانول، ژنوتیپ اس ۵۲ بیشترین عملکرد ماده‌خشک اندام‌هوایی را داشت و در نهایت در سطح ۳۰ درصد حجمی متانول، اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها مشهود نبود (شکل ۴).

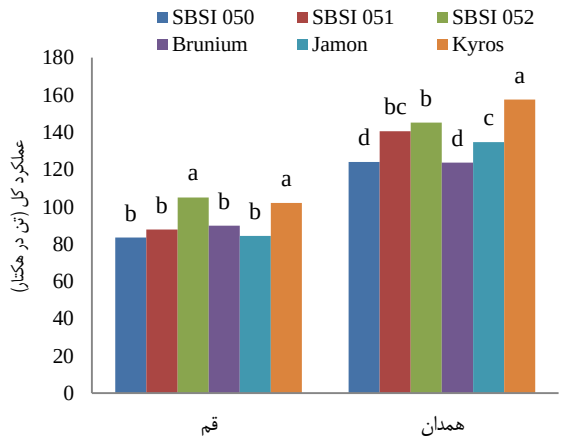


شکل ۴ مقایسه میانگین اثرات متقابل متانول در ژنوتیپ بر روی عملکرد ماده خشک اندام هوایی

به‌اختصار می‌توان بیان داشت که افزایش سرعت رشد محصول پس از محلول‌پاشی متانول به علت افزایش غلظت دی‌اکسید کربن در برگ‌ها و در نتیجه آن، کاهش یافتن یا مرتفع شدن موضوع تنفس نوری و هدر رفت کربن خواهد بود (Hemming *et al.* 1995). تحقیقات صادقی شعاع و همکاران (2012) نشان داد که محلول‌پاشی متانول علاوه بر بهبود عملکرد ریشه، باعث گسترش برگ‌ها و افزایش عملکرد اندام‌هوایی در گیاه چغندرقند می‌گردد. در این رابطه، طبق تحقیقات (Khani Chegeni *et al.* 2017)، بین ارقام مختلف چغندر علوفه‌ای اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد ماده خشک اندام‌هوایی و عملکرد ماده خشک کل وجود داشت.

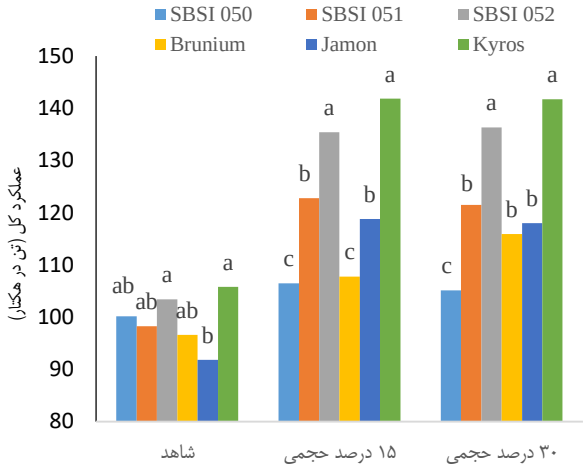
عملکرد کل

نتایج حاکی از آن بود که فاکتورهای منطقه، متانول، گلایسین و ژنوتیپ‌ها از نظر صفت عملکرد کل اختلاف معنادار در سطح احتمال یک درصد به وجود آورده است (جدول ۲). در منطقه همدان، عملکرد کل ۱۳۷/۶۴ و در منطقه قم عملکرد کل ۹۲/۱۱ تن در هکتار بود. سطوح ۱۵ و ۳۰ درصد حجمی محلول‌پاشی برگی متانول به ترتیب رکورد ۱۲۲/۱۹ و ۱۲۳/۱۱ تن در هکتار را نسبت به تیمار شاهد با ثبت عملکرد کل ۹۹/۳۳ تن در هکتار نشان داد. استفاده از گلایسین به مقدار چهار گرم به ازای هر لیتر متانول مصرفی نیز باعث افزایش عملکرد کل تا ۱۲۳/۶۱ تن در هکتار نسبت به تیمار شاهد با ۱۰۶/۱۴ تن در هکتار گردید. بین ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی در این آزمایش نیز اختلاف معنی‌داری در خصوص این صفت وجود داشت به‌گونه‌ای که ارقام کی‌روش و اس ۵۲ به ترتیب با ثبت ۱۲۹/۸۱ و ۱۲۵/۰۶ تن در هکتار بیشترین عملکرد کل را داشتند اما از نظر آماری نیز در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۳). اثر متقابل منطقه در ژنوتیپ بر عملکرد کل نیز معنی‌دار بود؛ به عبارت دیگر شایسته است که برای هر منطقه ژنوتیپ مناسب آن منطقه انتخاب و مورد نظر قرار گیرد. شایان‌ذکر است که در منطقه قم دو ژنوتیپ اس ۵۲ و کی‌روش، بیشترین عملکرد کل را داشتند و دیگر ژنوتیپ‌ها کمترین عملکرد را نشان دادند. در منطقه همدان، ژنوتیپ کیروش بیشترین عملکرد کل را داشت و دو ژنوتیپ اس ۵۰ و برونوم کمترین عملکرد کل را نشان دادند (شکل ۵).



شکل ۵ مقایسه میانگین اثرات متقابل منطقه در ژنوتیپ بر عملکرد کل

اثر متقابل متانول در ژنوتیپ بر روی عملکرد کل نیز معنی‌دار بود. در تیمار شاهد، رقم جامون کمترین عملکرد کل را داشت اما در غلظت ۱۵ درصد حجمی متانول، دو ژنوتیپ اس ۵۰ و برونوم کمترین عملکرد کل را ثبت نمودند. در سطح ۳۰ درصد حجمی متانول ژنوتیپ اس ۵۰ کمترین عملکرد کل را نشان داد. به عبارت ساده، در صورت استفاده از سطوح مختلف متانول، بایسته است که ژنوتیپ مناسب و سازگار نیز مد نظر قرار گیرد (شکل ۶).



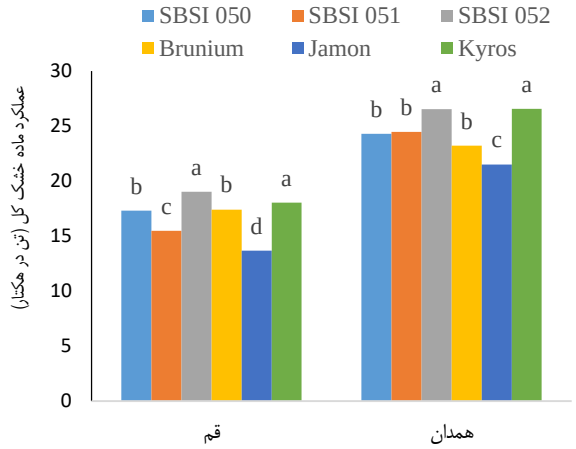
شکل ۶ مقایسه میانگین اثرات متقابل متانول در ژنوتیپ بر روی عملکرد کل

محلول‌پاشی متانول روی قسمت‌های هوایی، تورژسانس گیاه را افزایش داده و از پژمرده شدن برگ‌ها در نور مستقیم خورشید به‌ویژه در مناطق گرم جلوگیری می‌کند و بشدت رشد گیاهان را در مناطق گرم و خشک افزایش می‌دهد. افزایش رشد به وجود آمده را به می‌توان به نقش متانول به‌عنوان یک ماده غذایی کربن دار نسبت داد و از آن به‌عنوان یک منبع کربن جهت تغذیه گیاه یاد کرد (Nonomura and Benson 1992). این موضوع می‌تواند گویای رشد و توسعه گیاه در مناطقی با آب و هوای گرم نظیر قم باشد. شایان‌ذکر است که مصرف متانول در بوته‌هایی از گیاهان زراعی که در معرض کمبود آب هستند نیز باعث افزایش بیوماس آنها می‌گردد (Ramberg *et al.* 2002; Ramirez *et al.* 2006; Zbiec *et al.* 2003).

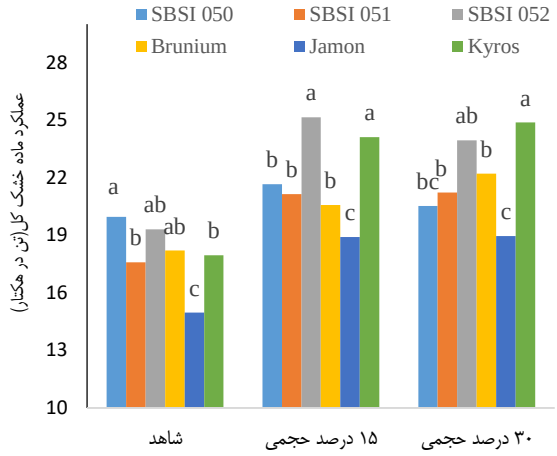
عملکرد ماده خشک کل

بر اساس بررسی جدول تجزیه واریانس داده‌ها، بین مناطق مورد ارزیابی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد در خصوص عملکرد ماده خشک کل وجود داشت. در منطقه همدان این مقدار ۲۴/۴۴ تن بر هکتار بود و در منطقه قم این عملکرد در مقیاس ۱۶/۸۰ تن در هکتار حاصل شد. استفاده از متانول باعث افزایش عملکرد ماده خشک کل تولیدی شد و اختلاف بین سطوح متانول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، اما سطوح ۱۵ و ۳۰ درصد حجمی متانول در یک گروه آماری قرار گرفتند و به ترتیب ۲۱/۹۲ و ۲۱/۹۵ تن بر هکتار عملکرد داشتند و تیمار شاهد، عملکرد ماده خشک کل کمتری را با ثبت ۱۷/۹۹ تن در هکتار نشان داد. هم‌چنین، طبق جدول تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۲ و ۳)، اختلاف بین سطوح مختلف گلایسین برای صفت عملکرد ماده خشک کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شده و استفاده از چهار گرم گلایسین با ثبت ۲۲/۰۰ تن در هکتار عملکرد بالاتری را نسبت به تیمار شاهد با ۱۹/۲۴ تن در هکتار به نمایش گذاشت. بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این آزمایش از نظر صفت عملکرد ماده خشک تولیدی کل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد ملاحظه گردید. بر اساس مشاهدات، ژنوتیپ‌های کی‌روش و اس ۵۲ به ترتیب عملکرد ماده خشک کل به میزان ۲۲/۳۱ و ۲۲/۸۰ تن در هکتار را به ثبت رساندند و ژنوتیپ جامون با ۱۷/۶۰ تن در هکتار کمترین عملکرد این صفت را داشت. اثر متقابل منطقه در ژنوتیپ نیز برای صفت عملکرد ماده خشک کل در سطح احتمال یک درصد دارای معنا بود و در هر منطقه، ژنوتیپ‌ها واکنش‌های متفاوتی را از نظر این صفت نشان دادند (شکل ۷).

هم‌چنین اثر متقابل متانول در ژنوتیپ نیز برای صفت عملکرد ماده خشک کل اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد را نشان داد. در تیمار شاهد، ژنوتیپ اس ۵۰ بیشترین عملکرد ماده خشک کل و رقم جامون کمترین را به خود اختصاص دادند. در سطح ۱۵ درصد حجمی متانول، دو ژنوتیپ اس ۵۲ و کی‌روش بیشترین عملکرد ماده خشک کل را داشتند. به همین ترتیب در سطح متانول ۳۰ درصد حجمی ژنوتیپ کیروش رکورد بیشتر را به ثبت رساند (شکل ۸).



شکل ۷ مقایسه میانگین اثرات متقابل منطقه در ژنوتیپ بر عملکرد ماده خشک کل



شکل ۸ مقایسه میانگین اثرات متقابل متانول در ژنوتیپ بر روی عملکرد ماده خشک کل

غفاری و همکاران (Ghafari *et al.* 2018) با بررسی ارقام مختلف چغندر علوفه‌ای در منطقه اسلامشهر نشان دادند بین ارقام مختلف چغندر علوفه‌ای اختلاف معنی‌داری برای عملکرد ماده خشک کل تولیدی وجود دارد و بسته به هدف مصرف می‌توان رقم مناسب را انتخاب نمود.

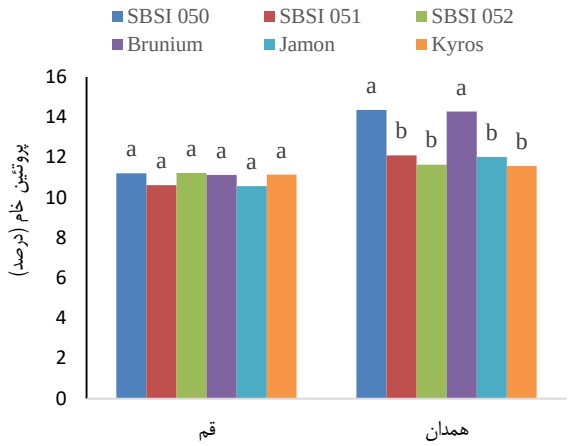
درصد قابلیت هضم ماده خشک ریشه

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، بین مناطق مورد ارزیابی و سطوح متانول و گلایسین تفاوت معنی‌داری در خصوص درصد قابلیت هضم ماده خشک ریشه وجود نداشت (جدول ۲)؛ اما بین ژنوتیپ‌ها از این منظر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد مشهود بود. ژنوتیپ اس ۵۰ با ۸۹/۰۴ درصد، بیشترین قابلیت هضم و ژنوتیپ جامون با ۸۶/۹۶ درصد، کمترین قابلیت هضم ماده خشک ریشه را داشتند. پیش از این، نتایج گزارش غفاری و همکاران (Ghafari *et al.* 2018) نشان داد که بین ارقام از نظر درصد قابلیت هضم ماده خشک ریشه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. واضح است که نتایج تحقیق ایشان با نتایج این آزمایش مغایرت داشت.

درصد پروتئین خام ریشه

جدول تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر این مطلب بود که درصد پروتئین خام ریشه با سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر مناطق و ژنوتیپ قرار گرفته اما در خصوص متانول و گلایسین تفاوت معنی‌داری از نظر این صفت وجود نداشت. درصد پروتئین خام ریشه در منطقه همدان با ثبت ۱۲/۶۶ درصد بالاتر از قم با ۱۰/۹۸ درصد بود. در خصوص ژنوتیپ‌ها، بیشترین رکورد متعلق به ژنوتیپ‌های اس ۵۰ و برونوم به ترتیب با درصد پروتئین خام ریشه ۱۲/۷۸ و ۱۲/۷۰ درصد بود. طبق جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲)، اثر متقابل منطقه در ژنوتیپ برای صفت درصد پروتئین خام ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (شکل ۹).

در منطقه قم اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها مشهود نبود اما در منطقه همدان ژنوتیپ‌های اس ۵۰ و برونوم درصد بالاتر پروتئین خام ریشه را ثبت نمودند و سایر ژنوتیپ‌ها کمترین رکورد این صفت را به خود اختصاص دادند. غفاری و همکاران (2018) گزارش کردند که بین ارقام مورد ارزیابی اختلاف معنی‌داری از نظر درصد پروتئین خام ریشه مشاهده نشده که بر این اساس، نتایج تحقیقات ایشان با نتایج حاضر مغایرت داشته است. صادقی شعاع و همکاران (2019)، طی آزمایشی شش رقم چغندر علوفه‌ای را در هفت منطقه طی دو سال زراعی بررسی کردند که طبق گزارش آزمایش، بین ارقام مورد ارزیابی برای درصد پروتئین خام ریشه اختلاف معنی‌داری وجود داشت.



شکل ۹ مقایسه میانگین اثرات متقابل منطقه در ژنوتیپ بر درصد پروتئین خام ریشه

طول ریشه

بر مبنای نتایج، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بین مناطق مورد ارزیابی در این آزمایش از نظر طول ریشه وجود داشت. در منطقه همدان میانگین طول ریشه ۲۹/۸۱ سانتی‌متر و در منطقه قم ۲۳/۷۱ سانتی‌متر بود. هم‌چنین اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بین سطوح متانول از نظر این صفت موجود بود. سطوح ۱۵ و ۳۰ درصد حجمی متانول به ترتیب ۲۸/۱۷ و ۲۸/۲۹ سانتی‌متر طول ریشه را نشان دادند و در یک گروه آماری قرار گرفتند ولی میانگین طول ریشه در تیمار شاهد ۲۳/۸۱ سانتی‌متر بود. اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بین سطوح مختلف گلایسین از نظر طول ریشه مشاهده شد. میانگین طول ریشه در تیمار شاهد ۲۵/۴۰ سانتی‌متر و در تیمار مصرف گلایسین ۲۸/۱۲ سانتی‌متر بود. بین ژنوتیپ‌ها نیز اختلاف معنی‌دار یک درصد از نظر صفت طول ریشه وجود داشت (جدول ۲ و ۳). اثر متقابل منطقه در ژنوتیپ برای صفت طول ریشه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. بیشترین طول ریشه در منطقه قم و همدان به دو ژنوتیپ جامون و کی‌روش اختصاص

یافت و دیگر ژنوتیپ‌ها طول ریشه کمتری داشتند. هم‌چنین نتایج نشان دادند که اثر متقابل متانول در ژنوتیپ نیز برای صفت طول ریشه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد.

درصد ریشه بیرون از خاک

اثرات مناطق، متانول، گلایسین و ژنوتیپ در خصوص صفت درصد ریشه بیرون از خاک دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بود. در منطقه همدان، به‌طور میانگین ۳۱/۱۳ درصد از طول ریشه بیرون از خاک بود و در منطقه قم، رکورد ثبت شده معادل ۲۸/۰۸ درصد از کل طول ریشه بود. بر اساس تجزیه و تحلیل داده‌ها، میانگین مشاهده‌شده این صفت در تیمار بدون مصرف متانول ۲۴/۹۰ درصد از طول ریشه بود، اما با مصرف ۱۵ و ۳۰ درصد حجمی متانول به ترتیب شاهد ۳۱/۵۵ و ۳۲/۰۶ درصد ریشه بیرون از خاک بودیم. کاربرد گلایسین در سطح چهار گرم به ازای هر لیتر متانول مصرفی، با ثبت ۳۲/۲۱ درصد، مقدار بیشتری از طول ریشه بیرون از خاک را نسبت به تیمار شاهد با رکورد ۲۷/۰۴ درصد پدید آورد. در مقایسه ژنوتیپ‌ها، کی‌روش با ثبت ۴۷/۳۹ درصد بیشترین رکورد و اس ۵۰ با ۲۳/۹۸ درصد کمترین درصد ریشه بیرون از خاک را به خود اختصاص دادند (جداول ۲ و ۳).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این بررسی حاکی از امکان کاربرد متانول و گلایسین با هدف افزایش یا بهبود برخی از صفات کمی و کیفی ژنوتیپ‌های متفاوت چغندر علوفه‌ای بود. چنانکه ملاحظه گردید، دو منطقه آزمایش در پایش اکثر صفات مورد ارزیابی با یکدیگر اختلاف قابل ملاحظه داشتند و تیمار همدان درمجموع صفات عملکردی، رکوردهای بالاتری را داشت که به لحاظ سازگاری هرچه بهتر گیاه چغندرقند با آب و هوای معتدل این ناحیه قابل توجیه می‌باشد. هم‌چنین طبق مشاهدات، محلول‌پاشی متانول باعث بهبود عملکرد ریشه، اندام‌هوایی و مجموع علوفه تولیدی گردید. در بررسی برهمکنش متانول و ژنوتیپ، کی‌روش و اس ۵۲ با مصرف ۱۵ و ۳۰ درصد حجمی متانول بیشترین رشد را در عملکرد کل نمایش دادند به‌گونه‌ای که کی‌روش حدود ۱۴۰ تن بر هکتار و اس ۵۲ نیز حدود ۱۳۵ تن بر هکتار عملکرد کل را به ثبت رساندند. هم‌چنین، در مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ و متانول، بیشترین عملکرد ریشه در سطوح ۱۵ و ۳۰ در صد حجمی مصرف متانول به ترتیب به ژنوتیپ کی‌روش با میانگین ۱۲۰ تن بر هکتار و ژنوتیپ اس ۵۲ با حدود ۱۰۵ تن بر هکتار اختصاص داشت. در مبحث عملکرد ماده خشک کی‌روش و اس ۵۲ مجدداً بیشترین عملکرد را با حدود ۲۱ و ۱۹ تن بر هکتار به نمایش گذاشتند. ژنوتیپ جامون در اکثر صفات مورد بررسی عملکرد قابل قبولی نداشت و سایر ژنوتیپ‌ها نیز عملکردی پائین تر از کی‌روش و اس ۵۲ داشتند. سطوح مختلف محلول‌پاشی متانول اختلاف معناداری را به نمایش نگذاشتند که به لحاظ صرفه‌جویی در هزینه و مقدار مصرف متانول، بهره‌وری از سطح ۱۵ درصد حجمی توصیه می‌گردد. در خصوص گلایسین نیز شاهد بروز آثار مثبت و بهبود عملکرد برخی از صفات کمی مورد ارزیابی بودیم. گلایسین به‌طور میانگین عملکرد ریشه را حدود ۱۳ تن بر هکتار و عملکرد کل را حدود ۱۷ تن بر هکتار افزایش داد اما بر قابلیت هضم ماده خشک ریشه تأثیری نداشت. بین ژنوتیپ‌ها نیز تفاوت معنی‌داری از حیث اکثر صفات کمی و کیفی ریشه و کل علوفه تولیدی و صفات مورفولوژیک وجود داشت که به‌تفصیل در بخش قبلی بدان اشاره کردیم. چنانکه در مقدمه عنوان گردید، مهم‌ترین هدف این آزمایش رسیدن به خودکفایی در تولید علوفه و کاهش وابستگی به واردات آن و کاستن از ارز مصرفی بخش کشاورزی بود. در آزمایش حاضر، تعداد دفعات محلول‌پاشی سه نوبت در نظر گرفته شد که از مرحله شش برگی گیاه آغاز گردید و هر دو هفته یک‌بار انجام شد. محلول‌پاشی باعث افزایش میانگین ۲۳ تن بر هکتار در صفت عملکرد کل گیاه شد. درآمد حاصل از فروش حدود ۲۳ تن بر هکتار علوفه کل پس از محلول‌پاشی، بیش از دو برابر مبلغ هزینه‌های پرداختی بابت تأمین متانول و

گلایسین و سایر مخارج مرتبط با محلول‌پاشی برآورد گردید. با عنایت به افزایش عملکرد کلی گیاه چغندر علوفه‌ای به‌واسطه کاربرد متانول و گلایسین و درآمد حاصل از این افزایش عملکرد در واحد سطح، سودآوری و عایدی حاصله در مقایسه با هزینه کرد و مبالغ پرداختی بابت تأمین و کاربرد این ترکیبات، بسیار چشمگیر می‌باشد که مؤکداً به کشاورزان و محققین و شاغلین این حرفه پیشنهاد می‌گردد. بر اساس نتایج، متانول و گلایسین بر عملکرد چغندر علوفه‌ای در شرایط نامساعدتر محیطی همانند قم تأثیر مثبت داشته و اثرات ناشی از تنش‌های غیرزنده نظیر خشکی و کم‌آبی را کاهش داده، راندمان مصرف آب را بهتر نموده و عملکرد ریشه و عملکرد کل را به‌صورت معناداری بهبود می‌بخشد لذا با توجه به اینکه بسیاری از مناطق کشور شرایط اقلیمی مشابه با منطقه قم دارد می‌توان با تحقیقات گسترده‌تر و مدل‌سازی‌های آتی و کنترل تعداد دفعات محلول‌پاشی و دوز مصرفی، به‌دقت در خصوص هر ژنوتیپ تحقیق نمود تا ضمن سودآوری بیشتر، کیفیت و کمیت عملکرد نیز ارتقاء یابد خصوصاً در زمان فعلی که شرایط جهانی به سمت گرمایش پیش می‌رود. در نهایت، به‌اختصار و بر اساس بیشترین عملکرد ریشه، عملکرد ماده خشک ریشه و عملکرد کل در اثر برهمکنش متانول و ژنوتیپ و بر مبنای داده‌ها و شکل‌ها، ژنوتیپ کی‌روش در منطقه همدان به انضمام سطح محلول‌پاشی ۱۵ درصد حجمی با ثبت رکورد میانگین ۱۲۰ تن بر هکتار عملکرد ریشه (شکل ۲)، میانگین ۲۰ تن بر هکتار عملکرد ماده خشک ریشه (شکل ۳) و میانگین ۱۴۲ تن بر هکتار عملکرد کل (شکل ۶)، به‌عنوان بهترین گزینه‌های قابل توصیه می‌باشند. به جهت حصول نتایج پربارتر امید است طی سال‌های آتی به‌توان ژنوتیپ‌های بیشتری را در اقلیم‌های گسترده‌تر و با سطوح به‌مراتب متفاوت‌تری از متانول و گلایسین به بوته آزمایش نهاد.

سپاسگزاری

ضمن تقدیر و تشکر از کلیه اساتیدی که به نحوی از انحاء ما را در انجام این پژوهش یاری نمودند، بدین‌وسیله از مدیریت محترم مؤسسه تحقیقات چغندرقند و همکاران بزرگوار به خاطر مساعدت‌های بی‌شمارشان تشکر و سپاسگزاری می‌گردد.

منابع مورد استفاده: References:

Abdollahian-Noghabi M, Sadeghian SY. Change in the concentrations of glycinebetaine, glutamine and sugars in sugar beet subjected to soil moisture deficit. In: Proceedings of the 65th IIIRB Congress, February 2002, Brussels, Belgium. Pp. 375-382.

Ashraf M, Foolad MR. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and experimental botany. 2007; 59 (2): 206-216. doi: https://doi.org/10.1016/j.envexpbot. 2005.12.006

Chen THH, Murata N. Glycinebetaine: an effective protectant against abiotic stress in plants. Trends in Plant Science. 2008; 13(9): 499-505. doi: https://doi.org/10.1016/j.tplants. 2008; 06.007

Clover G, Smith H, Jaggard K. The crop under stress. British sugar root review. 1998; 66 (3): 17-19.

Cooke D, Scott R. The sugar beet crop: Science into Practice. Chapman and Hall, New York. 1993; 195p.

Demmers-Derks H, Mitchel RAC, Mitchell VJ, Driscoll SP, Gibbard C, Lawlor DW. Sugar beet under climatic change: photosynthesis and production. Aspect Applied Biology. 1996; 45: 163-170.

Devlin M, Bhowmik PC, Karczmarczyk SJ. Influence of methanol on plant germination and growth. Plant Growth Regul. Society of America. 1994; 22: 102-108.

Dorokhov YL, Sheshukova EV, Komarova TV. Methanol in plant life. Frontiers in Plant Science. 2018; 9: 1623.

Downie A, Miyazaki S, Bohnert H, John P, Coleman J, Parry M, Haslam R. Expression profiling of the response of Arabidopsis thaliana to methanol stimulation. Phytochemistry. 2004; 65: 2305-2316.

Fall R, Benson AA. Leaf methanol, the simplest natural product from plants. Trends Plant Science. 1996; 1: 296-301.

Farshpour A, Sadeghi Shoae M, Habibi D. Quantitative and qualitative yield of fodder beet cultivars during spring and summer cultivation in Karaj region. Master Thesis in Agriculture- Agroecology. Islamic Azad University, Karaj Branch. 2017; 109 pages. (in Persian, abstract in English)

Faver KL, Gerik, TJ. Foliar-applied methanol effects on cotton (*Gossypium hirsutum* L) gas exchange and growth. Field Crops Research. 1996; 47: 227-234.

Felix JD, Roebuck JA, Mead RN, Willey JD, Avery GB, Kieber RJ. Methanol and ethanol concentrations in a Greenland ice core. Atmospheric Environment. 2019; 217: 116948.

Ford M, Thorne G. The effect of CO_2 concentration on the growth of sugar beet, barely, kale, maize. Annals of Botany. 1967; 31: 630-644.

Galbally E, Kirstine W. The Production of methanol by flowering plants and the global cycle of methanol. J. Atmos. Chem. 2002; 43(3): 195-229.

Ghafari Sh, Sadeghi Shoae M, Mirhadi MJ, Ghasemkhan Ghajar F. Evaluation of the effect of nano-micronutrients and growth-promoting bacteria on quantitative and qualitative yield of different forage beet cultivars. Master Thesis (M.sc) in Agricultural Engineering majoring in Horticultural Sciences and Agriculture. Islamic Azad University, Research Sciences Branch, Tehran. 2018; 140 pages. (in Persian, abstract in English)

Gout E, Aubert S, Blingy R, Rebeille Nonomura AR. Metabolism of methanol in plant cells. Carbon-13 nuclear magnetic Physiology. 2000; 123: 287-296.

Hemming DB, Hansen LD. Effect of methanol on plant respiration. Journal of plant physiology. 1995;146 (3): 193-198.

Khani Chegeni A, Sadeghi Shoae M, Habibi D. Comparison of quantitative and qualitative yield response and water use efficiency of fodder beet cultivars under different irrigation conditions. Master Thesis in Agriculture-Agroecology. Islamic Azad University, Karaj Branch. 2017; 100 pages. (in Persian, abstract in English)

Kunz M, Martin D, Puke H. Precision of beet analyses in Germany explained for polarization. Zuckerindustrie. 2002; 127: 13-21.

Lee HS, Madhaiyan M, Kim CW, Choi SJ, Chung KY, Sa TM. Biology and Fertility of Soils. 2006; 42: 402-408.

Mäkelä P, Kärkkäinen J, Somersalo S. Effect of glycinebetaine on chloroplast ultrastructure, chlorophyll and protein content, and RuBPCO activities in tomato grown under drought or salinity. Biologia Plantarum. 2000; 43(3): 471-475.

Mäkelä P, Peltonen-Sainio P, Jokinen K, Pehu E, Setälä H, Hinkkanen R, Somersalo S. Uptake and translocation of foliar-applied glycinebetaine in crop plants. Plant Science. 1996; 121(2): 221-230.

Makhdum MI, Malik MNA, Din SU, Ahmad F, Chaudhry FI. Physiology response of cotton to methanol foliar application. Journal of Agriculture Research. 2002; 13: 37-43.

McGiffen M, Manthey JA. The role of methanol in promoting plant growth: a current evaluation, Hortscience. 1996; 31: 1092-1096.

Nadali I, Paknejad F, Moradi F, Vazan S, Tookalo M, Jami Al-Ahmadi M, Pazoki A. Effect of foliar application of methanol on sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Australian Journal of Crop Science. 2010; 4(6): 398-401.

Nadali I, Paknejad F, Soghani M, Elahipanah F, Ghafari M. Effect of methanol on yield, yield component and growth indices in chick pea. Journal of Crop Ecophysiology. 2010; 2(3), 176-184. (in Persian, abstract in English)

Nonomura AM, Benson AA. The path of carbon in photosynthesis: improved crop yield with methanol. Proceedings of the National Academy of Sciences USA.1992; 89: 9794-9798.

Paknejad F, Bayat V, Ardakani MR, Vazan S. Effect of Methanol Foliar Application on Seed Yield and the Quality of Soybean (Glycine max L.) under Water Deficit Conditions. Annals of Biological Research. 2012; 3 (5):2108-2117.

Paknejad F, Mirakhori M, Jami Al-Ahmadi M, Tookalo MR, Pazoki AR, Nazeri P. Physiological Response of Soybean (*Glycine max*) to Foliar Application of Methanol under Different Soil Moistures. American Journal of Agricultural and Biological Sciences. 2009; 4 (4): 311-318.

Park EJ, Jeknic Z, Chen TH. Exogenous application of glycinebetaine increases chilling tolerance in tomato plants. Plant and Cell Physiology. 2006; 47 (6): 706-714.

Preedy V. Betaine: chemistry, analysis, function and effects: Royal Society of Chemistry. 2015.

Rajala A, Karkkainen J, Peltonen J, Peltonen-Sainio P. Foliar application of alcohols failed to enhance growth and yield of C3 crop lnd.Crop.prod. 1998; 7: 129-137.

Ramberg HA, Bradley JC, Olson JSC, Nishio JN, Markwell J. Osterman JC. The role of methanol in promoting plant growth: An update. Review Plant Biochemistry Biotechnology. 2002; 1:113-126.

Ramirez I, Dorta F, Espinoza V, Jimenez E, Mercado A, Pen Acortes H. Effects of foliar and root applications of methanol on the growth of Arabidopsis, tobacco and tomato plants. Journal of plant Growth Regulation. 2006; 25: 30-44.

Sadeghi Shoae M, Aghaeezadeh M, Rahnamaeian M. Purification and preparation of new fodder beet masses. Final Report of Sugar Beet Seed Institute (SBSI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). 2019; Registration No. 55974. 17 pages. (in Persian, abstract in English)

Sadeghi Shoae M, Mirzaee MR, Mahdikhani M, Jalilian A, Nadali F, Pedram A, Nemati R, Rezaei J. Determination of field value of fodder beet cultivars. Final Report of Sugar Beet Seed Institute (SBSI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). 2020; Registration No. 58377. 28 pages. (in Persian, abstract in English)

Sadeghi Shoae M, Paknejad F, Kashani A, Vazan S, Nooralvandi T. Methanol and its period of foliar application on sugar beet in different available water. Tropentag, September 19-21, 2012; Gottingen.

Sadeghi Shoae M, Paknejad F, Kashani A, Nooralvandi T, Tookalloo MR. Can foliar application with methanol improve the yield, yield components and physiological performance of mung bean (*Vigna radiata* L.), Annals of Biological Research. 2012; 3 (10):4780-4785.

Safarzade vishkaei M. Effect of methanol on growth and yield of peanut. Phd thesis. Islamic Azad University Science and Research Branch, Tehran, Iran 2007. 270 Pages. (in Persian, abstract in English)

Saneienejad A, Tohidi M, Khaniani BH, Sadeghi, M. Effect of Foliar Application of Methanol on Changes of Antioxidant Enzymes of *Vigna unguiculata* L. in Water-Deficit Stress. Agricultural Science Digest. 2019; 39(4): 296-300.

Soghani M, Paknejad Elahipanah F, Ghafari M. Effect of methanol on yield and yield component in chickpea. Journal of Crop and Weed Ecophysiology. 2011; 15(17): 79-88. (in Persian, abstract in English)

Staler SO, Thimann KV. The Influence of aliphatic alcohols on leaf senescence. Plant Physiology. 1980; 66: 395-399.

Tilley J, Terry R. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. Grass and forage science. 1963; 18(2): 104-111.

Valizadeh-Kamran R, Vojodi Mehrabani L, Pessarakli M. Effects of foliar application of methanol on some physiological characteristics of Lavandula stoechas L. under NaCl salinity conditions. Journal of Plant Nutrition. 2019; 42(3): 261-268.

Zbiec L, Karczmarczyk S, Podsiadlo C. Response of some cultivated plants to methanol as compared to supplemental irrigation. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Agronomy. 2003; 6 (1): 1-7.